



Zittau im
Satellitenbild. Bildquelle: ESA

Satellitendaten

Wie beobachten Satelliten unsere Erde? Welche Daten erheben sie, wie erhalten wir Zugang zu diesen Daten und wie können wir sie auswerten?

Noch nie zuvor wusste der Mensch so viel über seinen Planeten wie heute. Wir messen, beinahe in Echtzeit, die Eisdicke über der Antarktis, die Windgeschwindigkeit im Ostatlantik und die Bodenfeuchte in Brandenburg. Viele dieser Daten sind frei verfügbar – man muss nur wissen, wie man sie nutzen kann. Und dazu muss man natürlich auch verstehen, wie diese Daten erhalten wurden, welche physikalischen Prinzipien sich hinter den Aufnahmetechniken verbergen.

Unser Experiment liefert dieses Wissen für Daten der Sentinel-2-Satelliten, die im sichtbaren und infraroten Bereich aufgenommen wurden. Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie sie entsprechende Daten abrufen, auswerten und interpretieren können.

Satellitendaten

Satelliten – die Umlaufbahnen bestimmen die Daten

Die Umlaufbahn eines Satelliten bestimmt ganz wesentlich die Daten, die dieser Satellit aufnehmen kann. Man unterscheidet hier im zunächst einmal die „Low Earth Orbits“ (LEO) mit einer Höhe bis 2 000 km, die „Medium Earth Orbits“ (MEO) mit einer Höhe bis zur geostationären/geosyn-chronen Umlaufbahn in 35 786 km Abstand von der Erdoberfläche und eben diese geostationären Umlaufbahnen. Ganz allgemein nimmt die Auflösung und damit die Detailgenauigkeit der Beobachtung mit dem Abstand von der Erdoberfläche ab. Ein LEO-Satellit wird also wesentlich mehr Details erfassen als ein Satellit in einer geostationären Umlaufbahn. Andererseits kann ein geostationärer Satellit eine Hemisphäre der Erde im Überblick erfassen und so großräumige Phänomene zeigen. Entsprechend der Kepler'schen Bahngesetze nimmt die Umlaufdauer von Satelliten mit dem Abstand von der Erdoberfläche ab. Ein LEO-Satellit wird die Erde an einem Tag sehr oft umrunden und dabei Daten erfassen. Im geostationären

Orbit hingegen umrundet ein Satellit die Erde an einem Tag genau einmal – er bleibt also immer über demselben Längengrad auf der Erde „stehen“ und kann das Gebiet dort großflächig und kontinuierlich beobachten.

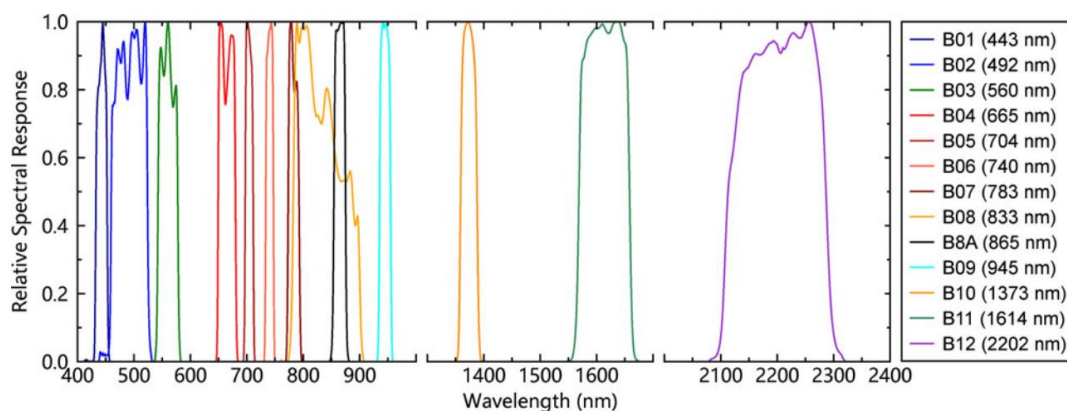
Ein weiteres wichtiges Merkmal von Satellitenbahnen ist ihre Neigung gegenüber dem Äquator. Satelliten mit parallelen Bahnen zum Äquator (0 Grad Neigung) erfassen nur diese Äquatorregion. Bei geneigten Bahnen werden auch Gegenden nördlich und südlich des Äquators erfasst. Bei einem Neigungswinkel von 90 Grad schließlich, der sogenannten Polarbahn, erfasst der Satellit den gesamten Globus, denn die Erde dreht sich unter der Bahn um die eigene Achse, sodass jeder Überflug ein anderes Gebiet überstreicht und nach und nach aus allen Streifen ein globales Mosaik entsteht. (Weitere Informationen zu Satellitenbahnen: <https://www.youtube.com/watch?v=Mk8z3E726Qo>).

Die beiden Sentinel-2-Satelliten (Sentinel-2A und Sentinel-2B) laufen auf derartigen Polarbahnen in einer Höhe von etwa 790 km über der Erdoberfläche bei einer Umlaufdauer von etwa 100 Minuten. Ihre Umlaufbahnen sind zusätzlich sonnensynchron. Das heißt: Die Drehung der Umlaufbahnen um die Erdachse ist so

angelegt, dass alle Aufnahmen bei gleichem Sonnenstand erfolgen. Die Breite der Aufnahmen auf der Erdoberfläche beträgt 290 km. Die beiden Satelliten (Sentinel-2A und Sentinel-2B) laufen versetzt auf der gleichen Umlaufbahn und erzeugen alle fünf Tage ein komplettes, hochaufgelöstes Bild unseres Planeten.

Messmethoden von Satelliten

Für ihre Messungen nutzen die allermeisten Satelliten elektromagnetische Strahlung, und zwar entweder im Mikrowellen-Bereich oder im sichtbaren und Infrarot-Bereich. Mikrowellen erlauben zahlreiche interessante Anwendungen: Zum Beispiel gelingt bei ihnen auch bei Anwesenheit von Wolken ein klares Bild der Erdoberfläche. Wir werden uns mit den



Frequenzbänder der Sentinel-2-Satelliten. Bildquelle: Li et al. 2018, doi: 10.1109/JSTARS.2018.2835823

Satellitendaten

Sentinel-2-Satelliten ausschließlich auf den sichtbaren und IR-Bereich beschränken. Auch bei der Analysemethoden beschränken wir uns auf einen relativ einfachen Ansatz und zwar auf die Analyse von der Erde reflektierten Sonnenlichts. Alternativ können Satelliten auch selbst Strahlung zur Erde senden, im sichtbaren Bereich oder im Mikrowellenbereich, und können dann die Reflektion dieser Strahlung untersuchen. Die Sentinel-2-Satelliten beschränken sich allerdings, wie gesagt, auf eine genaue, spektrale Analyse des reflektierten Sonnenlichts der Erdoberfläche. (Weitere allgemeine Informationen zu den Messmethoden von Satelliten finden Sie unter: <https://www.youtube.com/watch?v=7PxGETkYusw>).

Bei ihrer spektralen Analyse erfassen die Sentinel-2-Satelliten reflektierte Strahlung von der Erdoberfläche in zwölf verschiedenen Frequenzbändern von 400 nm bis 2400 nm, also im sichtbaren Bereich und im IR-Bereich.

Auswertungsmöglichkeiten im sichtbaren und IR-Bereich

Je nachdem, welche Eigenschaft der Erdoberfläche untersucht werden soll, werden die in den verschiedenen Bändern gemessenen Intensitäten der reflektierten Sonnenstrahlung zu sogenannten Indizes kombiniert. Im Versuch wird als wichtiges Beispiel der NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) betrachtet. Dieser Index nutzt die Tatsache, dass gesunde Vegetation sehr wenig rotes Licht (Wellenlängenbereich 600 bis 700 nm, Spektralband B04) reflektiert bei gleichzeitig starker Reflektion im nahen IR-Bereich (800-900 nm, Spektralband B08). Diese Eigenschaft findet sich nur bei Oberflächen mit gesunder Vegetation, sie kann also als diagnostisches Merkmal verwendet werden. Dazu wird der NDVI definiert als: $NDVI = (B08 - B04) / (B08 + B04)$. In grafischen Darstellungen wird dieser Index durch die Intensität einer willkürlich gewählten Farbe (sogenannte

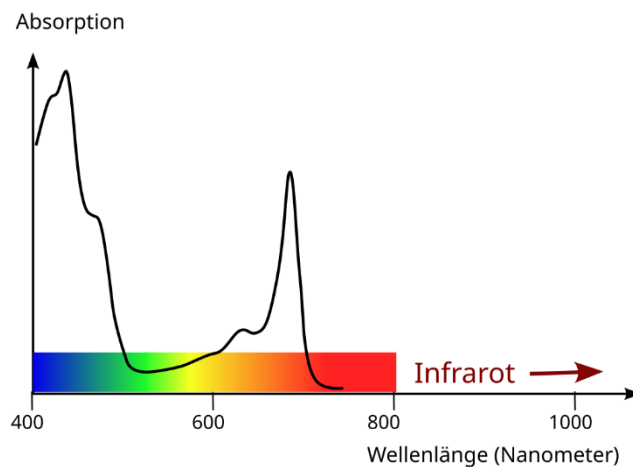
Falschfarbe, in diesem Fall grün) wiedergegeben. Dunkel-grüne Färbung entspricht also stark bewachsenen Flächen (Wald, grünes Feld), helle oder gräuliche Flächen sind arm an Vegetation mit grünen Pflanzenteilen.



Darstellung des NDVI in einem Satellitenbild von Zittau vom 13.6.2025. Bildquelle: ESA, HSZG

Extraktion und spektrale Eigenschaften der Blattfarbstoffe

Das charakteristische Reflektionsverhalten gesunder Vegetation im Bereich roten Lichts und des nahen Infrarots geht



Spektrum des sichtbaren Lichts und Absorptionsspektrum eines ethanolschen Blattextrakts. Bildquelle: HSZG

größtenteils auf das in den Blättern enthaltene Chlorophyll zurück. Dieses Pigment dominiert die spektralen Eigenschaften der Blätter. Durch ethanolsche Extraktion (mittels Brennspiritus) erhalten die Schülerinnen und Schüler aus Blättern einen pigmentreichen Extrakt, der neben Chlorophyllen als Hauptkomponenten auch noch einige Carotinoide enthält. Für diesen Extrakt trennen die Schülerinnen und

Schüler in einem anderen Versuch des DLR_School_Lab Hochschule Zittau/ Görlitz die verschiedenen Pigmente (Chlorophylle und Carotinoide) voneinander. Im hier beschriebenen Versuch untersuchen die Schülerinnen und Schüler hingegen die

Satellitendaten



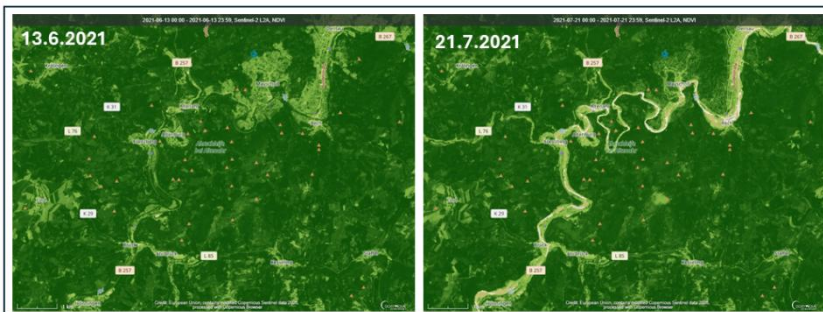
Darstellung der Umgebung von Zittau im NDVI in den Monaten Mai (A), August (B), November (C). Die Forstflächen sind im August nur geringfügig dunkler als im Mai. Einige landwirtschaftliche Flächen zeigen im Mai maximale Intensität des NDVI, andere Flächen im August. Bildquelle: ESA

spektroskopischen Eigenschaften des Gesamtextrakts mit Hilfe eines Durchlichtphotometers. Das Photometer erfasst die Absorption des Extrakts im Wellenlängenbereich von 400 bis 2400 nm mit einer Schrittweite von einem Nanometer. Das aufgenommene Absorptionsspektrum des Extrakts wird von den Schülerinnen und Schülern mit der bereits angegebenen Definition für den NDVI ($NDVI = (B08 - B04) / (B08 + B04)$) verglichen. Erwartungsgemäß zeigt auch der grüne Blattextrakt eine starke Absorption im Bereich roten Lichts (Spektralband B04) und eine sehr schwache Absorption im nahen Infrarotbereich (B08).

Um eine Vorstellung von der Variabilität des NDVI im Jahreslauf zu erhalten, werden die Schülerinnen und Schüler in einer ersten Aufgabe Satellitendaten eines frei wählbaren Ortes (außerhalb der Tropen oder weitgehend vegetationsfreier Gebiete) zu verschiedenen Jahreszeiten mit Hilfe des NDVI vergleichend visualisieren. Bei derartigen Untersuchungen ist zu beobachten, dass der NDVI nicht nur von der Jahreszeit, sondern auch stark von der Nutzung der jeweiligen Flächen abhängen kann. So kann, beispielsweise, eine landwirtschaftlich genutzte Fläche einen ganz anderen Jahresablauf zeigen als eine direkt benachbarte Fläche mit naturnaher Vegetation. Für einen Vergleich von NDVI-Daten ist es also unerlässlich, nur Daten vergleichbarer Jahreszeiten auszuwählen und unter Umständen auch die Bewirtschaftungsform der untersuchten Flächen in die Untersuchung mit einzubeziehen.

Abschließend können die Schülerinnen und Schüler zu einem selbstgewählten Ereignis (Naturkatastrophe, Kriegsgeschehnisse) die großflächigen Folgen mit Hilfe des NDVI und weiterer geeigneter Indizes visualisieren. Dazu müssen sie zunächst ein geeignetes Untersuchungsgebiet und geeignete Untersuchungszeiträume definieren, anschließend entsprechende Satellitendaten aus der Datenbank abrufen und über geeignete Indizes visualisieren.

Analyse von Satellitendaten mit Hilfe des NDVI



Darstellung der Sentinel-2-Daten für einen Teil des Ahrtals kurz vor (links) bzw. nach der Flutkatastrophe vom 14.-15.9.2021 mit Hilfe des NDVI. Bildquelle: ESA

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 30 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Aachen, Aachen-Merzbrück, Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Cochstedt, Cottbus, Dresden, Geesthacht, Göttingen, Hamburg, Hannover, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Rheinbach, Stade, St. Augustin, Stuttgart, Trauen, Ulm, Weilheim und Zittau beschäftigt das DLR circa 11 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält darüber hinaus Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

DLR Zittau

Am DLR-Standort Zittau erweitert das DLR mit dem neuen Institut für CO₂-arme Industrieprozesse seine Kompetenzen in der Energieforschung. Ziel ist, durch Dekarbonisierung energieintensiver Industriebereiche und die nachhaltige Stromerzeugung und –speicherung, die CO₂- und Schadstoffemissionen von Industrie und Kraftwerken deutlich zu reduzieren.

Hochschule Zittau/Görlitz

Seit 1992 gibt es die Hochschule Zittau/Görlitz in der Dreiländerregion Deutschland – Polen – Tschechien. Wie kaum eine andere Hochschule steht sie für Aufbruch und Wandel. Durch ihre Lage ist die HSZG Brücke zwischen Mittel- und Osteuropa. Das Thema Energie trägt sie seit der Gründung in ihren Genen. Und die Transformation von Wirtschaft, Arbeit und Gesellschaft ist in Deutschland kaum besser zu erforschen als in der Oberlausitz.

Im Herzen Europas forschen Studierende an Lösungen für die Zukunft. Sie finden perfekte Bedingungen: Erstklassige Betreuungsquote, kein Gedränge im Hörsaal, moderne Labore und technische Ausstattungen, spannende Forschungsprojekte und Praktika, internationaler Austausch, kurze Wege, bezahlbare Mieten und eine lebenswerte Region. Hier können sich Studierende wohlfühlen und verwirklichen. Sie forschen an hoch-aktuellen Themen und verbessern gut gerüstet unsere Welt.

Damit die Hochschule fit für die Zukunft bleibt, entwickelt sie sich stetig weiter. Green Engineering, Gesundheitscampus und der Fort- und Weiterbildungscampus sind nur drei Schlagworte im umfangreichen University-for-Future-Prozess. An der Gestaltung der „Hochschule der Zukunft“ beteiligen sich die Studierenden und Lehrenden ebenso wie unsere rund 500 Beschäftigten.



**Hochschule
Zittau/Görlitz**
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

Hinweise zum Experiment:

Alter: 15 bis 18 Jahre
Gruppengröße: 5 bis 6
Dauer: 60 Minuten
Inhaltlicher Bezug: Weltraum

DLR_School_Lab Hochschule Zittau/Görlitz
Äußere Oybiner Straße 14/16
02763 Zittau

Leitung: Thomas Fester
Telefon: 03583 612-4788
dlr-school-lab@hszg.de

DLR.de/dlrschoollab